Strahlungsverhalten von Festkörperlasern hoher Pumpleistung

INAUGURALDISSERTATION

der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern
zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

JÜRG STEFFEN
Zürich

Von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. K. P. Meyer angenommen.

Bern, den 2. Juli 1970 — Prof. Dr. J. Geiss (Dekan)

Mikrofilmkopien der ungekürzten Dissertation
sind von der Stadt- und Hochschulbibliothek Bern erhältlich.

Strahlungsverhalten von Festkörperlasern hoher Pumpleistung

INAUGURALDISSERTATION

der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern
zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

JÜRG STEFFEN
Zürich

Von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. K. P. Meyer angenommen.

Bern, den 2. Juli 1970 Prof. Dr. J. Geiss (Dekan)

Buchdruckerei Jordi, Belp, 1971

Mikrofilmkopien der ungekürzten Dissertation
sind von der Stadt- und Hochschulbibliothek Bern erhältlich.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	1
1.	Einleitung	3
2.	Strahlungs-Verhalten von gebräuchlichen Festkörperlasern bei hoher Pumpleistung	7
2.1	Thermische Veränderung des Laserstabes	7
2.2	Konsequenzen der thermischen Veränderungen des Laserstabes	9
2.3	Strahlparameter sphärischer Resonatoren	11
2.4	Übertragung auf Resonatoren mit dicker Laserstablinse	14
3.	Kompensation der thermischen Laserstabverformung in einem Resonator	17
3.1	Kompensation ohne Einbeziehung des Resonators (Methode I)	18
3.2	Kompensation unter Verwendung eines Resonatorspiegels (Methode II)	23
3.3	Kompensation unter Verwendung beider Resonatorspiegel (Methode III)	28
3.4	Korrigierte Resonatoren bei schwankender Brennweite der thermischen Linse	29
4.	Strahlungsverhalten von Festkörperlasern mit großen Spiegelabständen	32
4.1	Strahlung langer Resonatoren	32
4.2	Günstigste Resonatorkonfiguration	35
5.	Räumliche Verteilung der Laserstrahlung beim Fokussieren	37
5.1	Abhängigkeit des Brennflecks von den Strahlungseigenschaften des Lasers	38
5.2	Fokussierte Strahlung an einer festen Stelle	41
6.	Experimentelle Ergebnisse	43
7.	Praktische Auswirkungen	46
8.	Zusammenfassung	47
	Appendix A	A-1
	Appendix B	B-1
	Appendix C	C-1
	Appendix D	D-1
	Referenzen	50
	Figurenbeschreibungen	54
	Häufig verwendete Symbole	59

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547627_0036

Strahlungsverhalten von Festkörperlasern hoher Pumpleistung

Zusammenfassung

Für die meisten Laser-Anwendungen wird Strahlung konstanter Leistung und stabiler Modestruktur verlangt. Mit Strahlung im transversalen Grundmode wird die Strahldivergenz minimal und es treten keine Fluktuationen der Emission, verursacht durch Wechselwirkung verschiedener Moden, auf. Beim Fokussieren der Strahlung bleibt die Intensitätsverteilung über einem maximalen Bereich konstant.

Die Erzeugung von reproduzierbarer Grundmode-Strahlung mit Festkörperlasern wird beschränkt durch thermische Effekte im Laserstab, verursacht durch das optische Pumpen.

Der Einfluß dieser thermischen Veränderungen des Laserstabes auf die Strahlung kann mit einer dicken Linse im Resonator beschrieben werden. Eine solche Linse bewirkt,
— daß die Erzeugung von Strahlung im transversalen Grundmode erschwert wird und bevorzugt Moden höherer Ordnung entstehen;
— eine große Strahldivergenz durch die hohe Anzahl transversaler Moden und
— einen geringen Wirkungsgrad für die Erzeugung des Grundmodes.

Zudem schwanken sowohl Grundmode-Energie wie Divergenz bei variierender Brennweite der Linse, verursacht durch veränderliche Betriebsbedingungen (Pumpleistung, Pulsfolgefrequenz).

Die bestehenden Theorien der Laserresonatoren wurden verallgemeinert für Resonatoren mit internen brechenden Medien beliebiger Krümmung und nichtverschwindender Dicke. Auf Grund dieser Verallgemeinerungen ist es möglich, das Strahlungsverhalten von Festkörperlasern zu berechnen, unter Berücksichtigung der thermischen Deformationen des Laserstabes, die durch das Pumplicht verursacht werden.

Aus der entwickelten Theorie wurden Methoden zur Kompensation der thermischen Linsenwirkung abgeleitet. Es zeigte sich jedoch, daß diese Kompensationsmethoden für den praktischen Gebrauch ungeeignet sind, da bei unvermeidbaren Schwankungen der Pumpleistung der Resonator instabil werden kann.

Es wurden Resonatoranordnungen gefunden, für die sich Schwankungen der Pumpbedingungen nur minimal auf die Strahlung auswirken. Der Betrieb von Festkörperlasern unter Verwendung dieser Resonatorgeometrien ist von besonderer praktischer Bedeutung, zu Folge der günstigen Strahlungseigenschaften, die unempfindlich gegen Veränderungen der Pumpleistung sind.

Mit einem solchen Aufbau gelang es erstmals, reproduzierbare Laserstrahlung bei hoher Pumpleistung und Pulsfolgefrequenz (10 Hz) zu erzeugen, wobei Grundmodestrahlung mit optimalem Wirkungsgrad erreicht werden kann.

Lebenslauf

Am 11. Dezember 1942 wurde ich in meiner Heimatgemeinde Zürich, als Sohn des Jakob Steffen und der Alice geb. Hager, geboren.

In Zürich besuchte ich von 1949 bis 1961 Primarschule, Sekundarschule und Gymnasium (mathematisch-naturwissenschaftliche Richtung).

Anschließend immatrikulierte ich mich an der Abteilung für Mathematik und Physik der ETH. Nach Ausführung einer Diplomarbeit über Untersuchungen am Submillimeter-Gaslaser bei Herrn Professor Dr. Kneubühl, Laboratorium für Festkörperphysik, erwarb ich im Herbst 1966 das Diplom als Physiker.

Ende 1966 trat ich eine Stelle als Assistent am Institut für angewandte Physik der Universität Bern an. Ich arbeitete an einem Projekt über Lasermaterialbearbeitung. Dieses Arbeitsgebiet umfaßt hauptsächlich die beiden folgenden Themen:
— Aufbau eines stabilen Festkörperlasers hoher Pumpleistung und
— Untersuchungen der Absorption von Laserstrahlung in transparenten Stoffen,
wovon das erste zur vorliegenden Dissertation führte.